

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Excavator* Secara Umum

Excavator adalah alat berat yang dipergunakan untuk menggali dan mengangkut (*loading and unloading*) suatu material (tanah, batubara, pasir dan lain-lainnya). Berdasarkan jenis penggerakannya, *excavator* dibedakan menjadi dua yaitu:

1. *Crawler excavator* atau *excavator* roda kelabang, *excavator* jenis ini menggunakan roda kelabang pada bagian *undercarriage*. *Excavator* jenis ini menggunakan *powertrain hydrostatic transmission* dimana tenaga dari motor hidraulik dialirkan ke sistem *planetary gear* yang terdapat pada *final drive*, *sproket* sampai ke *track shoe* sehingga *excavator* dapat bergerak.
2. *Wheel excavator* atau *excavator* menggunakan roda, *excavator* jenis ini menggunakan roda dimana *excavator* ini tidak membutuhkan bagian *undercarriage* sebagaimana *crawler excavator*. Untuk selanjutnya *excavator* yang dimaksud oleh penulis adalah *wheel excavator* dengan sistem manual.



Gambar 2.1 *Excavator*
(Sumber: lit 8)

2.2 Fungsi *Excavator*

Fungsi dari *excavator* secara umum adalah:

1. Mengerjakan kegiatan pertambangan (*mining job*).
2. Pembukaan lahan hutan untuk lahan pertanian dan perkebunan.
3. Meratakan permukaan tanah.
4. Pembuatan parit, saluran irigasi, lubang, dan pondasi
5. Mengeruk, mengisi, serta memindahkan material.

2.3 Sistem Penggerak *Excavator*

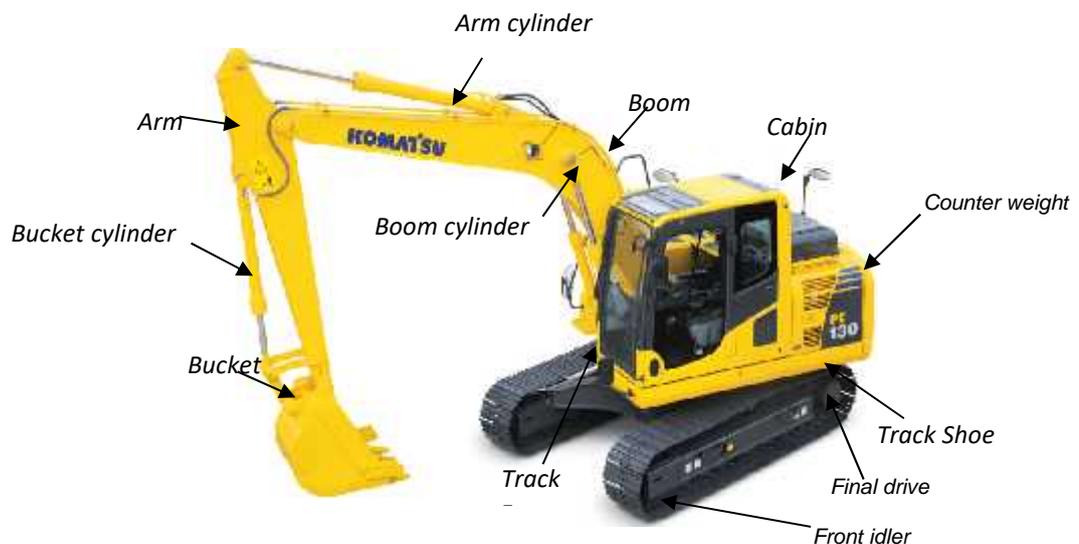
Pada dasarnya tenaga penggerak *excavator* ada dua yaitu *engine type (diesel)* dan *battery type* (motor listrik). Secara umum tenaga penggerak utama *hydraulic excavator* adalah mesin diesel yang merubah energi mekanik menjadi energi hidraulik melalui tekanan pompa yang kemudian didistribusikan ke silinder hidraulik untuk menghasilkan gerakan. Sedangkan motor listrik untuk menstarter dan menyuplai energi komponen-komponen elektrik seperti dinamo, lampu, alat-alat ukur operator, monitor/panel dan sebagainya.

2.4 Bagian Utama *Excavator*

Secara umum konstruksi *excavator* terdiri dari *attachment*, *upper structure*, dan *lower structure (undercarriage dan atau wheel)* yang masing-masing meliputi:

1. *Attachment* terdiri dari:
 - a. *Boom* adalah *attachment* yang menghubungkan *base frame* ke *arm* dengan panjang tertentu untuk menjangkau jarak *loading/unloading*.
 - b. *Arm* adalah *attachment* yang menghubungkan *boom* ke *bucket*.
 - c. *Bucket* adalah *attachment* yang berhubungan langsung dengan material pada saat *loading*.
 - d. *Track shoe* adalah *attachment* yang berfungsi sebagai penggerak akhir pada *crawler excavator*.
 - e. *Cabin* adalah *attachment* yang berfungsi sebagai tempat sekaligus pelindung operator pada saat mengoperasikan *excavator*

2. *Upper Structure* terdiri dari:
 - a. *Cabin* (untuk pusat operasional operator),
 - b. *Mesin/engine*,
 - c. *Swing motor*,
 - d. *Counter weight*, dan
 - e. *Komponen lainnya diatas frame*.
3. *Undercarriage* terdiri dari:
 - a. *Track frame* adalah komponen yang terdiri dari *center frame*, *crawler frame*, *front idler*, *sprocket*, *track rollers*, *carrier rollers* yang menjadi tumpuan operasional *excavator*.
 - b. *Track Shoe* adalah komponen yang berfungsi seperti roda pada kendaraan, untuk menggerakkan *excavator*. Untuk memperjelas konstruksi *excavator* beserta bagian-bagiannya dapat dilihat pada berikut:



Gambar 2.2 Bagian-Bagian dari *Excavator*
(Sumber: diolah)

2.5 Jenis-Jenis *Bucket* Berdasarkan Fungsinya

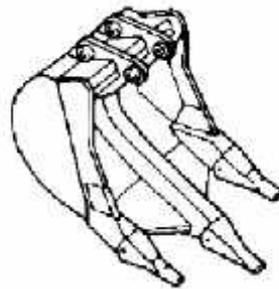
Dengan adanya perbedaan kebutuhan dari masing-masing bidang industri, maka para perusahaan pembuat *excavator* melengkapi unitnya dengan berbagai jenis *bucket* berdasarkan fungsinya antara lain sebagai berikut:

1. *Standard bucket* merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena penggunaannya yang fleksible untuk beberapa kondisi pekerjaan.



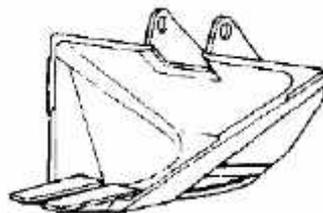
Gambar 2.3 *Standard Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 4)

2. *Ripper bucket* cocok digunakan untuk menggali lapisan bebatuan atau tanah liat yang keras. *Bucket* jenis ini memiliki penetrasi yang cukup dalam.



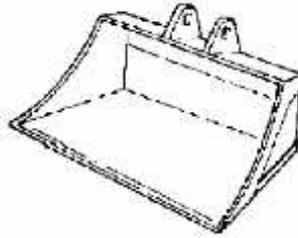
Gambar 2.4 *Ripper Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 4)

3. *Trapezoidal bucket* digunakan untuk membuat saluran atau kanal irigasi.



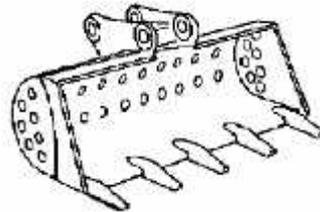
Gambar 2.5 *Trapezoidal Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 4)

4. *Slope finishing bucket* digunakan untuk meratakan permukaan tanah kerana memiliki *bucket* yang datar dan lebar. Biasa digunakan untuk meratakan jalan, kanal, sisi lereng, sisi sungai, dll.



Gambar 2.6 *Slope Finishing Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 5)

5. *Ditch cleaning bucket* cocok digunakan untuk membersihkan sungai atau mengeruk lumpur dari dasar sungai. *Bucket* ini memiliki beberapa lubang yang berfungsi sebagai tempat keluarnya air.



Gambar 2.7 *Ditch Cleaning Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 5)

6. *Single shank ripper* digunakan untuk mempersiapkan lahan untuk digali terutama yang memiliki lahan bebatuan dan digunakan juga untuk mencabut akar atau batang pohon.



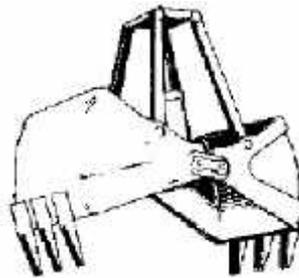
Gambar 2.8 *Single Shank Ripper*
(Sumber: lit 1, hal 5)

7. *Three shank ripper* merupakan alat yang efisien untuk menggali batu pada lereng, menghancurkan dan mengangkat pondasi beton, dan juga untuk mencabut akar atau batang pohon.



Gambar 2.9 *Three Shank Ripper*
(Sumber: lit 1, hal 6)

8. *Clamshell bucket* digunakan untuk memindahkan material.



Gambar 2.10 *Clamshell Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 6)

9. *Coal bucket* dan *chip bucket* sangat efisien dan aman ketika digunakan untuk menangani material seperti batubara, pecahan batu, dll.



Gambar 2.11 *Chip Bucket*
(Sumber: lit 1, hal 6)

10. *Spike hammer* cocok digunakan untuk menghancurkan struktur beton, lereng, bendungan, dll.



Gambar 2.12 *Spike Hammer*
(Sumber: lit 1, hal 7)

11. *Grapple* digunakan untuk mengangkat batang kayu.



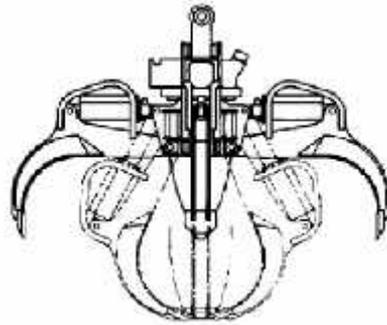
Gambar 2.13 *Grapple*
(Sumber: lit 1, hal 7)

12. *Lifting magnet* digunakan untuk mengangkat dan memindahkan bahan-bahan yang terbuat dari logam.



Gambar 2.14 *Lifting Magnet*
(Sumber: lit 1, hal 7)

13. *Scrap grapple* digunakan untuk mengangkat dan memindahkan material dengan bentuk yang tidak beraturan. Memiliki empat buah cakar yang dapat membuka dan menutup dengan silinder hidrolik masing-masing.



Gambar 2.15 *Scrap Grapple*
(Sumber: lit 1, hal 8)

14. *Magnet fork* yang didasarkan pada *lifting magnet* dan *fork* yang memberikan performa pengoperasian dalam penanganan potongan-potongan material yaitu dengan mengkombinasikan gaya magnet dan gaya penekanan *fork*.



Gambar 2.16 *Magnet Fork Excavator*
(Sumber: lit 1, hal 8)

2.6 Mekanisme Kerja

Mekanisme kerja pada *excavator* yang digerakkan secara hidraulik adalah:

- a. Mesin Diesel memutar pompa yang kemudian mengalirkan fluida hidraulik dari tangki ke dalam sistem dan kembali lagi ke tangki.
- b. Komponen-komponen yang mendapat distribusi fluida hidraulik dan pompa adalah *bucket cylinder*, *arm cylinder*, *boom cylinder*, *swing motor* dan *travel motor* untuk menghasilkan suatu kondisi kerja tertentu. Kondisi kerja *excavator* dibagi menjadi enam, yaitu:
 1. *Swing*.
Pergerakan pada saat *body dan attachment excavator* berputar sampai 360°. Sistem gerakan ini adalah dengan menggerakkan *lever* yang membuka katup

pada *control valves* yang berisi *fluida hydraulic* agar mengalir ke *swing motor* sehingga *excavator* akan berputar dengan putaran tertentu.

2. *Traveling Left Shoe.*

Pergerakan ini dibagi menjadi dua gerakan yaitu gerakan maju dan gerakan mundur yang digerakan oleh katup yang ada di *control valves*. Energi hidraulik dari pompa akan diubah lagi menjadi energi mekanis melalui *travel motor*. *Travel motor* memutar *sprocket* selanjutnya menggerakkan *track shoe* sehingga menghasilkan gerakan pada *excavator*. *Traveling left shoe* merupakan gerakan *track shoe* yang sebelah kiri.

3. *Traveling Right Shoe*

Pergerakan ini dibagi menjadi dua gerakan yaitu gerakan maju dan gerakan mundur yang digerakkan oleh katup yang ada di *control valves*. Energi hidraulik dari pompa akan diubah lagi menjadi energi mekanis melalui *travel motor*. *Travel motor* memutar *sprocket* selanjutnya menggerakkan *track shoe* sehingga menghasilkan gerakan pada *excavator*. *Traveling right shoe* merupakan gerakan *track shoe* yang sebelah kanan.

4. *Boom (Raise-Down)*

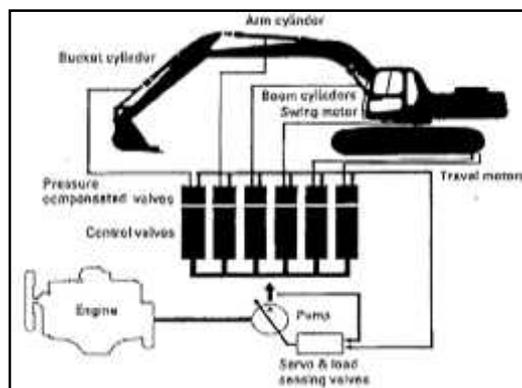
Pergerakan *boom* dilakukan oleh *boom cylinder*. Sistem gerakan ini dilakukan dengan menggerakkan *lever* di ruang operator sehingga katup *boom raise* dan katup *boom down* pada *control valve* yang berhubungan dengan *boom cylinder* akan membuka. *Boom* akan melakukan gerakan mengangkat jika katup *boom raise* terbuka sedangkan katup *boom down* tertutup. Fluida akan mengalir dari katup *boom raise* dan menekan piston dari *cylinder boom* sedangkan untuk gerakan *arm*.

5. *Arm (In-Out)*

Pergerakan *arm* dilakukan oleh *arm cylinder*. Sistem gerakan ini diatur oleh katup *arm in* dan katup *arm out*. *Arm* akan melakukan gerakan mengangkat jika katup *arm out* terbuka sedangkan katup *arm in* tertutup. Fluida akan mengalir dari katup *arm out* dan menekan piston *arm cylinder*. Sedangkan untuk gerakan *arm* turun, kondisi katup *arm in* dan *arm out* berlaku sebaliknya.

6. *Bucket (Crawl-Dump)*

Pergerakan *bucket* dilakukan oleh *bucket cylinder*. Sistem gerakan ini diatur oleh pergerakan katup *bucket crawl* dan katup *bucket dump*. *Bucket* akan melakukan gerakan mengangkat (*dump*) jika katup *bucket dump* terbuka sedangkan katup *bucket crawl* tertutup. Pada saat itu, fluida akan mengalir dari katup *bucket dump* dan menekan piston *bucket cylinder*. Sedangkan gerakan *bucket* menekuk (*crawl*) kondisi katup *bucket crawl* dan katup *bucket dump* adalah sebaliknya.



Gambar 2.17 Diagram Sistem *Hydraulic Excavator*
(Sumber: lit 10)

2.7 Pemilihan Bahan

Pada tahapan pemilihan bahan, bahan-bahan yang akan digunakan selama proses perancangan alat diklasifikasi terlebih dahulu jenis dan kegunaannya. Hal ini dimaksudkan supaya dalam proses pembelian atau pemesanan dapat ditentukan toko atau penyedia material mana yang menyediakan bahan yang diinginkan.

Adapun sifat-sifat yang diperlukan dalam pemilihan bahan adalah sebagai berikut:

1. Proses Permesinan yang Ekonomis

Kemudahan dalam proses permesinan akan membantu sekali dalam proses pembuatan desain *excavator*, hal ini mengurangi biaya produksi.

2. Desain akan digunakan dalam rentang waktu yang lama dan bahan harus mampu bertahan dalam waktu yang lama.

3. Tahan Lama dan Kuat

Bahan yang digunakan dalam pembuatan desain agar bertahan lama dan kuat

harus menggunakan bahan yang tahan terhadap material yang keras yaitu besi *hollow*, pelat 1,6 dan 1,2 mm, pelat strip, dan besi behel Ø 8, 10, 12, dan 16 mm.

4. Mudah didapat dipasaran

Bahan yang digunakan dalam membuat desain haruslah mudah dicari dipasaran dan mudah dijangkau sehingga pada saat proses pembuatan konstruksi lebih mudah.

2.8 Dasar-Dasar Perhitungan Utama Simulasi *Excavator*

Perancangan konstruksi sangat memperhatikan kekuatan rangka yang kuat untuk menopang beban yang akan diterima, kekuatan tegangan yang terjadi pada simulasi ini, kekuatan pengelasan dan seberapa besar berat beban yang diangkat oleh *arm*, *boom*, dan *bucket*. Perumusan dasar yang digunakan pada rancang bangun simulasi ini ialah:

1. Mencari Gaya Angkat pada *Excavator*

Pada simulasi *excavator*, terdapat gaya-gaya angkat yang terdapat pada bagian/komponen pada *bucket*, *arm*, dan *boom*. Dibawah ini adalah penjelasan tentang rumus-rumus yang akan digunakan untuk mencari gaya-gaya angkat tersebut, yaitu:

) Perhitungan Gaya pada *Bucket*

Untuk mengetahui seberapa besar gaya angkat pada *bucket*, maka dapat dicari gaya angkat pada *bucket* (F_t) dengan menggunakan rumus:

$$F_t \cdot a = (W_E + BB) \cdot b$$

$$= \frac{b}{a} (W_E + BB)$$

Dimana: F_t = Gaya angkat ***b*** (kg)

W_E = Berat ***b*** (kg)

BB = Berat material yang diangkut ***b*** (kg)

a = Jarak ***b*** (mm^2)

b = Jarak ***b*** (mm^2)

) Perhitungan Gaya Angkat pada *Arm*

Untuk mengetahui seberapa besar gaya angkat pada *arm*, maka dapat dicari gaya angkat pada *arm* (F_a) dengan menggunakan rumus:

$$F_a \cdot a = W_A \cdot b + (W_B + BB) \cdot (b + c)$$

$$= \frac{W_A \cdot b + (W_B + BB) \cdot (b + c)}{a}$$

Dimana: F_a = Gaya angkat a (kg)
 W_A = Berat a (kg)
 BB = Berat material yang diangkut b (kg)
 a = Jarak a (mm²)
 b = Jarak a (mm²)
 c = Jarak a (mm²)

) Perhitungan Gaya Angkat Silinder yang Diizinkan Pada *Boom*

Untuk mengetahui seberapa besar gaya angkat pada *boom*, maka dapat dicari gaya angkat pada *boom* (F_m) dengan menggunakan rumus:

$$F_m \cdot a = W_b \cdot a + W_A \cdot (a + b + x)$$

$$= \frac{W_b \cdot a + W_A \cdot (a + b + x)}{a}$$

Dimana: F_m = Gaya angkat b (kg)
 W_b = Berat b (kg)
 W_A = Berat a dan b (kg)
 a = Jarak b (mm²)
 b = Jarak b (mm²)
 c = Jarak b (mm²)

2. Menentukan Tegangan Geser Bahan

Tegangan geser adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya yang bekerja sejajar atau tegak lurus terhadap luas bidang. Untuk mencegah rangka rusak, sangat diperlukan mengetahui dan menghitung tegangan geser pada pin *boom*, *arm*, dan *bucket* dengan menggunakan rumus:

$$\tau_H = \frac{F \cdot u}{A} \leq \bar{\tau}_H \dots \dots \dots \text{(lit 2, hal 6)}$$

Dimana:

$$\tau_g = \text{Tegangan Geser (N/mm}^2\text{)}$$

$$FW_t = \text{Beban (N)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}$$

$$\bar{\tau}_g = \text{Tegangan Geser Ijin (N/mm}^2\text{)}$$

Hasil tegangan geser yang di dapat (τ_g) haruslah lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan ($\bar{\tau}_g$).

3. Menentukan Tegangan Tarik Bahan

Tegangan tarik adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya tarik yang bekerja terhadap luas bidang. Untuk mencegah tuas rusak, perlu mengetahui dan menghitung tegangan tarik pada tuas *arm*, dengan menggunakan rumus:

$$\tau_{ti} = \frac{F_t}{A} \leq \bar{\tau}_{ti} \dots\dots\dots (\text{lit 2, hal 5})$$

Dimana:

$$\tau_{ti} = \text{Tegangan Tarik (N/mm}^2\text{)}$$

$$FW_t = \text{Beban (N)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}$$

$$\bar{\tau}_{ti} = \text{Tegangan Tarik Ijin (N/mm}^2\text{)}$$

Hasil tegangan tarik yang di dapat (τ_{ti}) haruslah lebih kecil dari tegangan tarik yang diizinkan ($\bar{\tau}_{ti}$).

4. Perhitungan Beban Agar *Excavator* Seimbang

Dengan mengetahui beban yang diterima dari *boom*, *arm*, dan *bucket*, tentunya harus mengetahui berat beban yang akan diisi pada kotak *counter weight* agar *excavator* seimbang dan tidak menyebabkan terjungkit kedepan. Maka diperlukan perhitungan sebagai berikut:

$$W_b = \frac{W_d \cdot q + W_{ai} \cdot (q + r) + (W_b + BB) \cdot (q + r + s)}{p}$$

$$W = W_b - (W_{rc} + W_{hl} + W_{kc} + W_{hl})$$

Dimana:

$$W_b = \text{Berat total penyeimbang (kg)}$$

$$W_d = \text{Berat } d \text{ (kg)}$$

$$W_{ai} = \text{Berat } ai \text{ (kg)}$$

$$W_b = \text{Berat } b \text{ (kg)}$$

$$BB = \text{Beban (kg)}$$

p, q, r, s	= Jarak (m)
W	= Berat beban dimasukkan ke kotak (kg)
W_k	= Berat kotak (kg)
W_r	= Berat rangka (kg)

5. Menentukan Kekuatan dan Panjang Lasan

Untuk menentukan kekuatan dan panjang lasan yang dapat menahan beban pada *arm*, yaitu dengan rumus dibawah ini.

Menghitung panjang lasan:

$$F = (t_1 + t_2) \cdot L \cdot \tau_g \dots\dots\dots (\text{lit 2, hal 29})$$

Dimana:	F = Kekuatan lasan (N)
	t_1 = Ketebalan lasan yang pertama (mm)
	t_2 = Ketebalan lasan yang kedua (mm)
	L = Panjang lasan (mm)
	τ_g = Tegangan geser bahan (N/mm ²)

6. Proses Pengeboran

Pengeboran adalah suatu proses pengerjaan pemotongan menggunakan mata bor (*twist drill*) untuk menghasilkan lubang yang bulat pada material logam maupun non logam yang masih pejal atau material yang sudah berlubang. Proses pengeboran dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$n = \frac{1}{\pi \cdot d} \cdot V_c$$

Dimana:	n = Putaran bor (rpm)
	V_c = Kecepatan potong ($\frac{\text{m}}{\text{menit}}$)
	d = Diameter bor (mm)

2.9 Perawatan

Perawatan dibutuhkan pada setiap alat atau unit yang bergerak atau beroperasi. Perawatan dilakukan guna menjaga suatu alat atau unit tetap dalam kondisi seperti semula dan memperpanjang usia unit sehingga mencapai kinerja alat yang maksimal.

1. Pengertian Perawatan

Perawatan atau *Maintenance* adalah suatu usaha atau tindakan reparasi yang dilakukan agar kondisi dan *performance* dari mesin tetap terjaga, namun dengan biaya perawatan yang serendah-rendahnya atau suatu kegiatan servis untuk mencegah timbulnya kerusakan tidak normal sehingga umur alat dapat mencapai atau sesuai umur yang direkomendasikan oleh pabrik. Kegiatan servis meliputi pengontrolan (*managing*), penggantian suku cadang (*removing parts*), penyetelan (*adjusting*), perbaikan (*repairing*) dan pengetesan (*testing*).

2. Tujuan Perawatan

Adapun tujuan perawatan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia unit.
2. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan peralatan atau unit.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan.
4. Untuk menghemat biaya produksi.
5. Untuk meningkatkan produktivitas produksi.

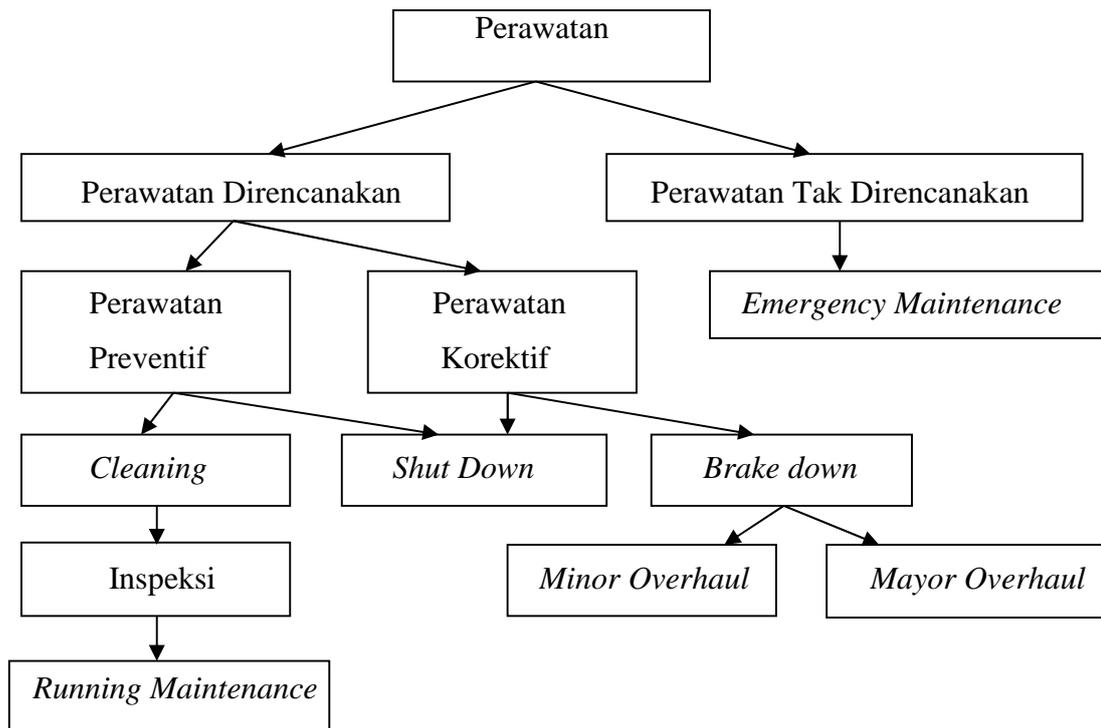
3. Keuntungan-Keuntungan Melakukan Perawatan

Berikut ini adalah beberapa keuntungan penting bila melakukan perawatan yang dilakukan dengan baik.

1. Waktu terhentinya produksi menjadi berkurang.
2. Berkurangnya pembayaran kerja lembur bagi tenaga perawatan.
3. Berkurangnya waktu untuk menunggu peralatan yang dibutuhkan.
4. Berkurangnya pengeluaran biaya untuk perbaikan.

4. Klasifikasi Perawatan

Secara garis besar kegiatan perawatan dapat diklasifikasikan dalam dua macam yaitu: Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*). Untuk lebih jelasnya mengenai pembagian strategi perawatan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.18 Klasifikasi *Maintenance*
(Sumber: diolah)

) Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)

Dalam perawatan terencana suatu peralatan akan mendapat giliran perbaikan sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan sedemikian rupa sehingga kerusakan besar dapat dihindari. Perawatan terencana (*planned maintenance*) terbagi menjadi *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.

) Perawatan Tidak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Perawatan tidak terencana ini membahas mengenai perawatan darurat dimana perawatan ini merupakan salah satu perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya sehingga hal ini dilakukan saat mesin atau unit tersebut mengalami kegagalan atau kerusakan yang tidak terduga dan harus di perbaiki untuk mencegah akibat yang lebih serius lagi. Salah satu contoh perawatan tidak terencana adalah *emergency maintenance*. *Emergency maintenance* adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.